

**Nonradiative dielectric waveguide and method of producing the same**

Patent Number: ☐ US5861782  
Publication date: 1999-01-19  
Inventor(s): SAITOH ATSUSHI (JP)  
Applicant(s): MURATA MANUFACTURING CO (JP)  
Requested Patent: ☐ JP9064608  
Application Number: US19960699158 19960816  
Priority Number(s): JP19950210566 19950818  
IPC Classification: H01P3/16  
EC Classification: H01P3/16, H01P11/00B  
Equivalents: ☐ DE19633078

**Abstract**

A nonradiative dielectric line is provided which solves problems concerning the relative positioning of the parts, mass production, and variations in electrical characteristics of a dielectric strip, and which makes integral molding using injection molding technology possible. A height of a dielectric in the propagation area is made higher than the height in the non-propagation area, and a dielectric layer having a low dielectric constant is provided in the non-propagation area. Thus, the thickness of the dielectric layer in the non-propagation area can be increased.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 9 - 6 4 6 0 8

(43) 公開日 平成9年(1997)3月7日

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>

識別記号 庁内整理番号 F I

技術表示箇所

H 0 1 P 3/16

H 0 1 P 3/16

H 0 1 L 23/12

H 0 1 L 23/12 3 0 1 C

3 0 1

H 0 1 P 5/08 K

H 0 1 P 5/08

H 0 5 K 9/00 L

H 0 5 K 9/00

H 0 1 L 23/12 B

審査請求 未請求 請求項の数 5

O L

(全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平7-210566

(22) 出願日 平成7年(1995)8月18日

(71) 出願人 000006231

株式会社村田製作所

京都府長岡京市天神二丁目26番10号

(72) 発明者 斉藤 篤

京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式  
会社村田製作所内

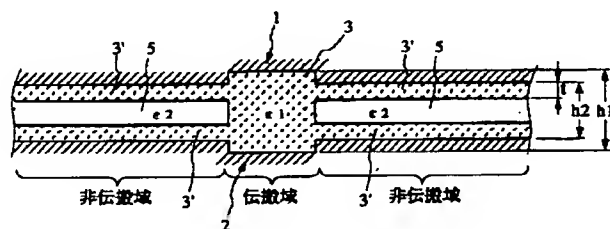
(74) 代理人 弁理士 小森 久夫

(54) 【発明の名称】 非放射性誘電体線路

(57) 【要約】

【課題】 誘電体ストリップの位置決め固定、損失、量産性、特性変動の各種問題を解消するとともに、射出成形技術などを用いた一体成形を可能とした非放射性誘電体線路を提供する。

【解決手段】 誘電体 3 の伝搬域における高さ  $h_1$  より非伝搬域における高さ  $h_2$  を小さくし、非伝搬域に低誘電率の誘電体層 5 を設けることによって、非伝搬域における誘電体層 3' の厚み寸法  $t$  を厚くできるようにする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 上下 2 つの導電体の間に誘電体を配して、前記導電体に平行な偏波面をもつ電磁波が伝搬する伝搬域と、前記電磁波がカットオフとなる非伝搬域とを設けた非放射型誘電体線路において、伝搬域の上下 2 つの導電体間の距離を非伝搬域の上下 2 つの導電体間の距離より大きくするとともに、非伝搬域の誘電体部分を伝搬域の誘電体から連続する誘電体層と、この誘電体の誘電率より低い誘電率をもつ他の誘電体層とから構成したことを特徴とする非放射型誘電体線路。

【請求項 2】 上下 2 つの導電体の間に誘電体を配して、前記導電体に平行な偏波面をもつ電磁波が伝搬する伝搬域と、前記電磁波がカットオフとなる非伝搬域とを設けた非放射型誘電体線路において、伝搬域の上下 2 つの導電体間の距離を非伝搬域の上下 2 つの導電体間の距離より大きくするとともに、この 2 つの導電体間の略全空間に誘電体を設けたことを特徴とする非放射型誘電体線路。

【請求項 3】 前記導電体に平行な平面で前記誘電体部分を 2 つに分割した形状の、それぞれ導電体と誘電体とから成る 2 つの部材を組み合わせて構成した請求項 1 または 2 に記載の非放射型誘電体線路。

【請求項 4】 前記 2 つの部材の間に回路基板を挟み込んで、該回路基板に形成した導電体と電磁界結合させた請求項 3 に記載の非放射型誘電体線路。

【請求項 5】 前記伝搬域の誘電体または導電体の稜線となる誘電体部分を面取り形状または曲面形状とした請求項 1～4 のいずれかに記載の非放射型誘電体線路。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は、ミリ波帯で用いられる伝送路や集積回路などに適する非放射型誘電体線路に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 図 19 は従来の非放射型誘電体線路 (NRD ガイド) の 4 つのタイプの構成を示す断面図である。(A) はいわゆるノーマルタイプであり、平行に配設される導電板 101 と 102 の間に誘電体ストリップ 100 を備える。(B) はいわゆるグループドタイプであり、導電板 101 と 102 とにそれぞれ溝を形成して、その溝に誘電体ストリップ 100 を嵌め合わせている。(C) はいわゆる絶縁タイプであり、導電板 105 と 106 の間に低誘電率の誘電体層 103、104 を介して誘電体ストリップ 100 を設けている。(D) はいわゆるウイングドタイプであり、それぞれウイング (ツバ) を有する誘電体ストリップ 107、108 の平面部に導電板 109、110 を形成し、誘電体ストリップ部分を対向させている。

【0003】 このような非放射型誘電体線路は、導電体

部分の間隔を電磁波の伝搬波長の半波長以下にして、曲がり部分や不連続部分における放射波を抑制して、伝送損失を低減させている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 ところが、図 19 の (A) に示したノーマルタイプのもものでは、回路を構成する際、他の誘電体ストリップとの間隔などを正確に定められず、また振動や衝撃に弱い。(B) のグループドタイプでは誘電体ストリップの位置決めおよび機械的強度の点で優れるが、溝の角部分に電流が集中するため損失が大きく、導電板に溝を形成しなければならない点で量産性に欠け、比誘電率  $\epsilon_r > 5 \sim 6$  のような高誘電率の誘電体ストリップを用いると、ストリップと導電板との間の隙間による特性の変動が問題となる、などの欠点がある。(C) の絶縁タイプでは、高誘電率の誘電体ストリップと導電板との間に低誘電率の誘電体層を設けているため、高誘電率の誘電体材料を用いて小型化しても、高次モードの発生による単一動作領域が狭くなる、といった問題がなく、さらに誘電体ストリップと導電板との隙間による特性の変動が解消されるが、誘電体ストリップの位置決めおよび機械的強度の点でノーマルタイプと同様の欠点を持つ。さらに (D) に示したウイングドタイプでは、上述した各種問題点が解消されるが、誘電率の高い材料を用いるほど、また使用周波数帯域が高くなるほどウイング部分の厚み寸法を小さくしなければならないため、誘電体材料および使用する周波数帯域によっては射出成形技術などを用いた一体成形が困難となり、現実加工できないという問題が生じる。

【0005】 この発明の目的は、誘電体ストリップの位置決め固定、損失、量産性、特性変動の各種問題を解消するとともに、射出成形技術などを用いた一体成形を可能とした非放射型誘電体線路を提供することにある。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】 この発明の非放射型誘電体線路は、誘電体ストリップの位置決め固定、量産性、特性変動の各種問題を解消するとともに、射出成形技術などを用いた一体成形を可能とするため、請求項 1 に記載の通り、伝搬域の上下 2 つの導電体間の距離を非伝搬域の上下 2 つの導電体間の距離より大きくするとともに、非伝搬域の誘電体部分を伝搬域の誘電体から連続する誘電体層と、この誘電体の誘電率より低い誘電率をもつ他の誘電体層とから構成する。その例を図 1 に示す。同図において 1、2 はそれぞれ導電体であり、伝送域の上下 2 つの導電体 1、2 間の距離  $h_1$  を非伝搬域の上下 2 つの導電体 1、2 間の距離  $h_2$  より大きくするとともに、非伝搬域の誘電体部分を伝搬域の誘電体 3 から連続する誘電体層 3' とこの誘電体の誘電率  $\epsilon_1$  より低い誘電率  $\epsilon_2$  を持つ他の誘電体層 5 とから構成している。このように非伝搬域における導電体 1、2 間の距離  $h_2$  を伝搬域における導電体 1、2 間の距離  $h_1$  より小さくし

ため、また、非伝搬域に低誘電率の誘電体層を設けたため、 $\epsilon_1$ 、 $\epsilon_2$ 、 $h_1$ 、 $h_2$ の設定によって、伝搬域は所定周波数帯域の電磁波を伝搬し、非伝搬域はその周波数帯域の電磁波をカットオフする。ここで誘電体層3'の厚さ寸法 $t$ は、 $h_2$ を $h_1$ に等しくした場合すなわち図19の(D)に示したウイングドタイプに比較して厚くすることができる。この $h_2$ 、 $t$ およびカットオフ周波数との関係は後述する。従って比較的高誘電率の誘電体材料を用いて全体に小型化を図っても、 $t$ が極端に小さくなることなく、射出成形などによって一体成形が可能となる。しかも、伝搬域と非伝搬域とが同時に構成されるため、従来のような誘電体ストリップの位置決め固定、量産性、特性変動の各種問題が一挙に解消される。

【0007】また、この発明の非放射型誘電体線路は、誘電体ストリップの位置決め固定、量産性、特性変動の各種問題を解消するとともに、射出成形技術などを用いた一体成形を可能とするため、請求項2に記載の通り、伝搬域の上下2つの導電体間の距離を非伝搬域の上下2つの導電体間の距離より大きくするとともに、この2つの導電体間の略全空間に誘電体を設ける。その構成例を図2に示す。同図において伝搬域の上下2つの導電体1、2間の距離 $h_1$ を非伝搬域の上下2つの導電体間の距離 $h_2$ より大きくするとともに、この2つの導電体1、2間のほぼ全空間に誘電体3を設けている。このように非伝搬域の導電体間の距離 $h_2$ を伝搬域の導電体間の距離 $h_1$ より小さくしたため、 $\epsilon_1$ 、 $h_1$ 、 $h_2$ の設定によって、伝搬域は所定周波数帯域の電磁波を伝搬し、非伝搬域はその周波数帯域の電磁波をカットオフする。ここで非伝搬域における誘電体層3'の厚さ寸法 $h_2$ は、上下2つの導電体間の距離を狭めたことにより、図19の(D)に示したウイングドタイプの非伝搬域における上下2つの誘電体部分を合わせた寸法より大きくすることができる。また、図1に比較すれば図2の $h_2$ は図1の $t$ より大きくなり、射出成形などによる一体成形がより容易となる。しかも、伝搬域と非伝搬域とが同時に構成されるため、従来のような誘電体ストリップの位置決め固定、量産性、特性変動の各種問題が一挙に解消される。

【0008】また、この発明の非放射型誘電体線路は、成形を容易にするとともに、回路基板などとともに集積回路を容易に構成できるようにするため、請求項3に記載の通り、誘電体部分を導電体に平行な平面で2つに分割した形状の、それぞれ導電体と誘電体とから成る2つの部材を組み合わせて構成する。その構成例を図3および図4に示す。両図において3、4はそれぞれ比誘電率が $\epsilon_1$ の誘電体、5は比誘電率が $\epsilon_2$ の例えば空気であり、導電体1は誘電体3の上面に、導電体2は誘電体4の下面部分に例えば銀ペーストの塗布および焼き付けまたは銅メッキなどにより形成されている。この非放射型

誘電体線路は上下2つの部材をそれぞれ別々に形成した後に組み合わせることになるため、導電体膜は誘電体の一方の面にのみ形成すればよく、その形成が容易になり、特に図3に示す構造では誘電体材料の一体成形も容易となる。

【0009】また、この発明の非放射型誘電体線路は、集積回路またはアクティブコンポーネントの構成を容易にするため、請求項4に記載の通り、前記2つの部材の間に回路基板を挟み込んで、該回路基板に形成した導電体と非放射型誘電体線路とを電磁界結合させる。その構成例を図5および図6に示す。両図において7はその一部にストリップライン8を形成した回路基板である。図5の構成は図3に示した非放射型誘電体線路において、上下2つの部材間に回路基板7を挟み込んだ構造であり、図6の構成は図4に示した非放射型誘電体線路において、上下2つの部材間に回路基板7を挟み込んだ構造である。そのため、伝搬域を伝搬する電磁波がストリップライン8と結合し、回路基板7上の導電体回路と非放射型誘電体線路とが相互に結合する集積回路またはアクティブコンポーネントが構成される。

【0010】また、この発明の非放射型誘電体線路は伝搬域における電流の集中を抑えて、伝送損失を低減させるため、請求項5に記載の通り、前記伝搬域の誘電体または導電体の稜線となる誘電体部分を面取り形状または曲面形状とする。その構成例を図7に示す。図7の

(A)、(B)は図3に示した構成において伝搬域の誘電体または導電体の稜線となるすべての箇所を曲面形状に形成している。また、(B)では伝搬域の誘電体の稜線部分となる箇所を面取り形状としている。このように伝搬域の誘電体または導電体の稜線となる誘電体部分を面取り形状または曲面形状としたことにより、その部分での電流の集中が抑えられ、伝送損失が低減される。

【0011】

【発明の実施の形態】この発明の第1の実施形態である非放射型誘電体線路の構成を図8～図11に示す。

【0012】図8はその主要部の構成を示す部分斜視図である。同図において誘電体3および誘電体層3'は比誘電率 $\epsilon_1 = 7$ の誘電体セラミクスまたは樹脂の射出成形体であり、その上下面に銀ペーストの塗布および焼き付けまたは銅メッキからなる導電体膜11、12を形成している。非伝搬域における低誘電率の誘電体層5は誘電率 $\epsilon_0$ の空気の層である。

【0013】図9は図8に示した各部の寸法を示す図である。この非放射型誘電体線路を60GHz帯の伝送路として用いる場合、各部の寸法は例えば次のように設定する。 $h_1 = 2.0\text{ mm}$ 、 $h_2 = 1.2\text{ mm}$ 、 $t = 0.4\text{ mm}$ 、 $w = 1.0\text{ mm}$ 、ここで $h_2$ および $t$ の寸法は、伝搬域を伝搬させるべき周波数の電磁波をカットオフするように決定する。図9に示すように、ここで非伝搬域の一部分(幅1.0)を計算モデルとし、 $t$ をパラ

メータとしてカットオフ周波数と  $h_2$  との関係の求めれば図 10 に示すようになる。すなわち、 $t$  が一定であれば、 $h_2$  が小さい程カットオフ周波数が低くなり、 $h_2$  が一定であれば、 $t$  が大きい程カットオフ周波数が低くなる。例えば  $t = 0.4 \text{ mm}$  とすれば、カットオフ周波数を  $60 \text{ GHz}$  以上とするためには、 $h_2$  を約  $1.65 \text{ mm}$  以下に決定すればよい。また、例えば  $h_2 = 1.65 \text{ mm}$  とすれば、カットオフ周波数を  $60 \text{ GHz}$  とするためには、 $t$  を  $0.4 \text{ mm}$  に決定すればよい。

【0014】図 11 は誘電体 3 の伝搬域において上下に突出している部分の幅  $W_1$  と中間部の幅  $W_2$  との関係を示す。図 8 および図 9 に示した例では  $W_1 = W_2$  であったが、(A) に示すように  $W_1 > W_2$ 、または (B) に示すように  $W_1 < W_2$  であってもよい。

【0015】次に、この発明の第 2 の実施形態に係る非放射型誘電体線路の構成を図 12 に示す。同図において 3 は誘電体セラミクスまたは樹脂からなる一体成形品であり、その上下の全面に導電体膜 11、12 を形成している。この誘電体 3 の上下に突出している伝搬域の高さ寸法  $h_1$  は、伝搬域において所定周波数帯域の電磁波が伝搬されるように設定し、非伝搬域における高さ  $h_2$  は、この非伝搬域において上記周波数帯域がカットオフとなる寸法に設定する。例えば比誘電率が 7、3 の誘電体セラミクスを用い、 $60 \text{ GHz}$  帯の伝送路として用いる場合、 $h_1 = 2.0 \text{ mm}$ 、 $h_2 = 1.2 \text{ mm}$ 、 $W = 1.0 \text{ mm}$  とする。尚、誘電体 3 は射出成形法を用いずに切削加工法によって作成してもよい。また、導電体膜 11、12 はメッキや焼き付けによらずに、成形した金属板で誘電体 3 を挟み込むようにしてもよい。

【0016】次に、この発明の第 3 の実施形態に係る非放射型誘電体線路の構成を図 13 および図 14 に示す。図 13 は全体の斜視図である。3、4 はそれぞれ誘電体セラミクスまたは樹脂の成形体であり、誘電体 3 の上面に導電体膜 11、誘電体 4 の下面に導電体膜 12 を形成している。図 14 は図 13 に示した非放射型誘電体線路の構成手順を示す図である。まず (A) に示すような形状の誘電体を形成し、その一方の面に (B) に示すように導電体膜を銀電極の焼付けまたは銅メッキなどにより形成する。これを鏡対称のパターンで一対形成し、図 13 に示したように重ね合わせる。この上下 2 つの部材は例えばケース内に収納すると同時に重ね合わせた状態で保持する。

【0017】次に、この発明の第 4 の実施形態に係る非放射型誘電体線路の構成を図 15 に示す。同図は図 13 に示したように、上下 2 つの部材を重ねて非放射型誘電体線路を構成する際の方 (下部) の部材を示す斜視図である。非伝搬域における誘電体 4 の図における上面を  $4h$  で示すようにハニカム構造としている。この誘電体 4 は誘電体セラミクスまたは樹脂を成型してなる。誘電体 4 の図における下面には伝搬域と非伝搬域の全面に導

体膜 12 を形成している。この図 15 に示すような部材をもう 1 つ形成して、導電体膜を形成していない面同士を対向させて、図 13 に示したと同様の非放射型誘電体線路を構成する。この場合、ハニカム構造部分の実効誘電率が低いと、非伝搬域における誘電体層 4' の厚さ寸法  $t$  を厚くすることができ、射出成形による一体成形を容易にするとともに、全体の強度を増すことができる。

【0018】次に、この発明の第 5 の実施形態に係る非放射型誘電体線路の構成を図 16 および図 17 に示す。この例では、上下 2 つの部材の間に回路基板 7 を挟み込んで、回路基板 7 に形成した導電体と、誘電体 3、4 の伝搬域における電磁界とを結合させるようにしている。誘電体 3、4 およびそれに形成する導電体膜の構成は図 13 に示したものと同様である。

【0019】図 17 は伝搬域における誘電体と回路基板上の導電体との結合関係を示す図である。ここで (A) は  $LSM_{01}$  モードの電磁界分布、(B) は  $LSE_{01}$  モードの電磁界分布をそれぞれ示している。但し、誘電体 3、4 のうち非伝搬域における誘電体層および導電体膜は省略している。(A)、(B) において実線は電気力線、破線は磁力線である。 $LSM$  モードを利用する場合、回路基板 7 には、非放射型誘電体線路の電磁波伝搬方向に直交する方向にストリップライン 8 を設けていて、このストリップライン 8 と非放射型誘電体線路とが電磁界結合する。また (B) に示すように  $LSE$  モードでは、回路基板 7 上に、非放射型誘電体線路の電磁波伝搬方向にストリップライン 8 を配置して、このストリップライン 8 と非放射型誘電体線路の電磁波とが結合する。このようにしてミリ波帯の集積回路やアクティブコンポーネントとして構成する。

【0020】次に、第 6 の実施形態に係る非放射型誘電体線路の構成を図 18 に示す。同図において誘電体 3、4 は伝搬域の高さより非伝搬域の高さを低く構成し、誘電体 3 の図における上面および誘電体 4 の図における下面にはそれぞれ導電体膜 11、12 を形成している。この 2 つの誘電体の間に回路基板 7 を挟み込ませている。回路基板 7 には図 17 に示したようなストリップラインを設けていて、このストリップラインと非放射型誘電体線路を伝搬する電磁波とを結合させるようにしている。

【0021】

【発明の効果】この発明の請求項 1 に係る非放射型誘電体線路によれば、非伝搬域における導電体間の距離を伝搬域における導電体間の距離より小さくしたため、また、非伝搬域に低誘電率の誘電体層を設けたため、非伝搬域における誘電体層の厚みをウイングタイプに比較して厚くすることができる。従って比較的高誘電率の誘電体材料を用いて全体に小型化を図っても、射出成形などによって一体成形が可能となる。しかも、伝搬域と非伝搬域とが同時に構成されるため、従来のような誘電体

ストリップの位置決め固定、量産性、特性変動の各種問題も生じない。

【0022】この発明の請求項2に係る非放射性誘電体線路によれば、非伝搬域における導電体間の距離を伝搬域における導電体間の距離より小さくしたため、非伝搬域における誘電体層の厚みをウイングドタイプに比較して厚くすることができる。従って比較的高誘電率の誘電体材料を用いて全体に小型化を図っても、射出成形などによって一体成形が可能となる。しかも、伝搬域と非伝搬域とが同時に構成されるため、従来のような誘電体ストリップの位置決め固定、量産性、特性変動の各種問題も生じない。

【0023】この発明の請求項3に係る非放射性誘電体線路によれば、上下2つの部材をそれぞれ別々に形成した後に組み合わせることになるため、導電体膜は誘電体の一方の面にのみ形成すればよく、その形成が容易になり、誘電体材料の成形も容易となる。

【0024】この発明の請求項4に係る非放射性誘電体線路によれば、回路基板上の導電体回路と非放射性誘電体線路とが相互に結合する集積回路またはアクティブコンポーネントが容易に構成される。

【0025】この発明の請求項5に係る非放射性誘電体線路によれば、伝搬域の誘電体または導電体の稜線となる誘電体部分を面取り形状または曲面形状としたことにより、その部分での電流の集中が抑えられ、伝送損失が低減される。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の請求項1に係る非放射性誘電体線路の構成例を示す断面図である。

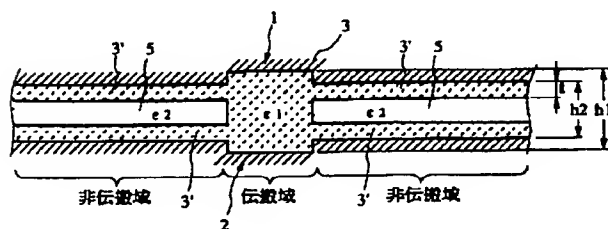
【図2】この発明の請求項2に係る非放射性誘電体線路の構成例を示す断面図である。

【図3】この発明の請求項3に係る非放射性誘電体線路の構成例を示す断面図である。

【図4】この発明の請求項3に係る非放射性誘電体線路の構成例を示す断面図である。

【図5】この発明の請求項4に係る非放射性誘電体線路の構成例を示す断面図である。

【図1】



【図6】この発明の請求項4に係る非放射性誘電体線路の構成例を示す断面図である。

【図7】この発明の請求項5に係る非放射性誘電体線路の構成例を示す断面図である。

【図8】第1の実施形態に係る非放射性誘電体線路の構成例を示す部分斜視図である。

【図9】第1の実施形態に係る非放射性誘電体線路の断面図である。

【図10】非伝搬域における誘電体の厚み寸法  $t$  をパラメータとした非伝搬域における高さ  $h_2$  とカットオフ周波数  $f_c$  との関係を示す図である。

【図11】非放射性誘電体線路の他の構成例を示す断面図である。

【図12】第2の実施形態に係る非放射性誘電体線路の部分斜視図である。

【図13】第3の実施形態に係る非放射性誘電体線路の部分斜視図である。

【図14】第3の実施形態に係る非放射性誘電体線路の製作工程の例を示す部分斜視図である。

【図15】第4の実施形態に係る非放射性誘電体線路の部分斜視図である。

【図16】第5の実施形態に係る非放射性誘電体線路の部分斜視図である。

【図17】回路基板上のストリップラインと非放射性誘電体線路の伝搬域との関係を示す部分斜視図である。

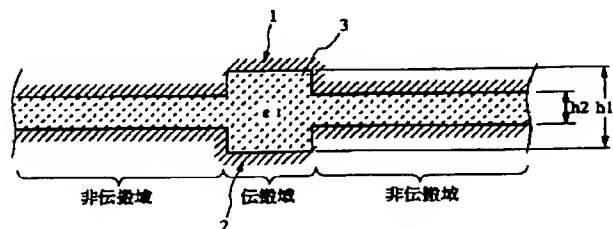
【図18】第6の実施形態に係る非放射性誘電体線路の部分斜視図である。

【図19】従来の各種非放射性誘電体線路の構成を示す断面図である。

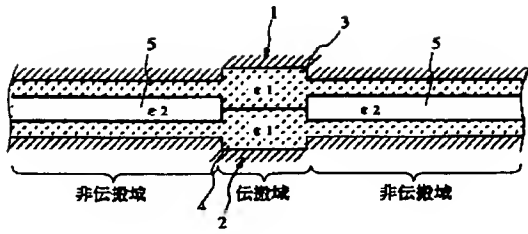
#### 【符号の説明】

- 1, 2 - 導電体
- 3, 4 - 誘電体
- 3' - 誘電体層
- 5 - 誘電体層
- 7 - 回路基板
- 8 - ストリップライン
- 11, 12 - 導電体膜

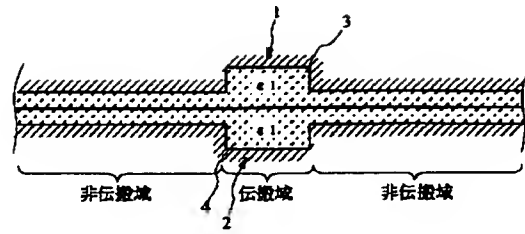
【図2】



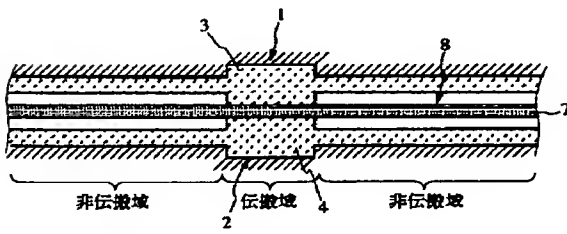
【図 3】



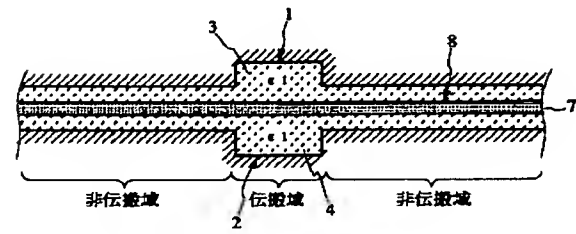
【図 4】



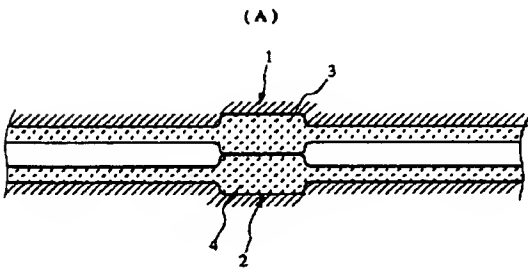
【図 5】



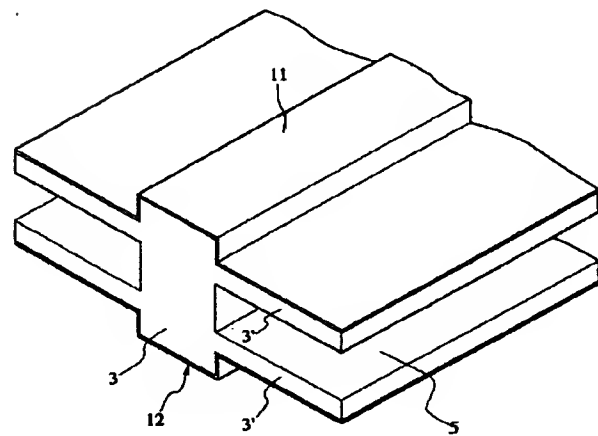
【図 6】



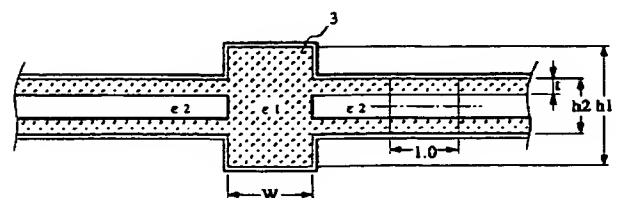
【図 7】



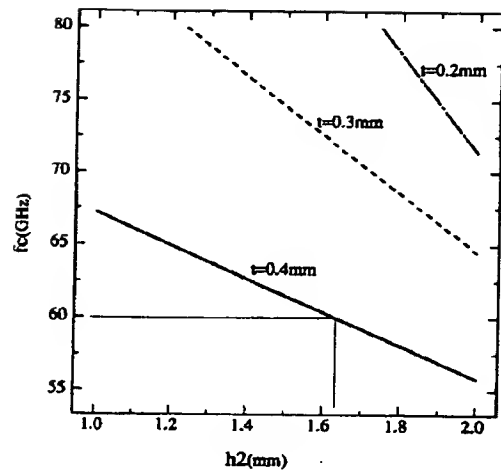
【図 8】



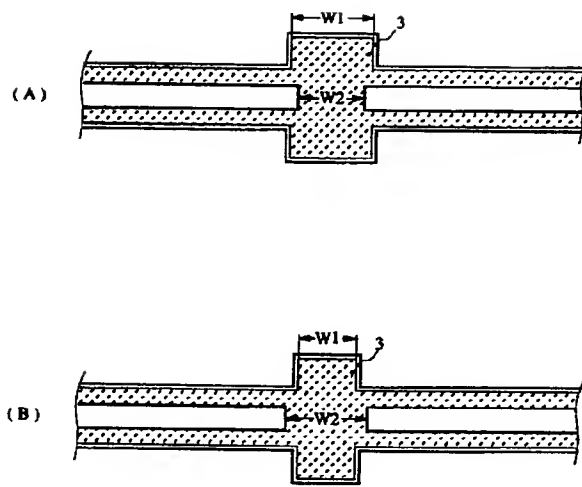
【図 9】



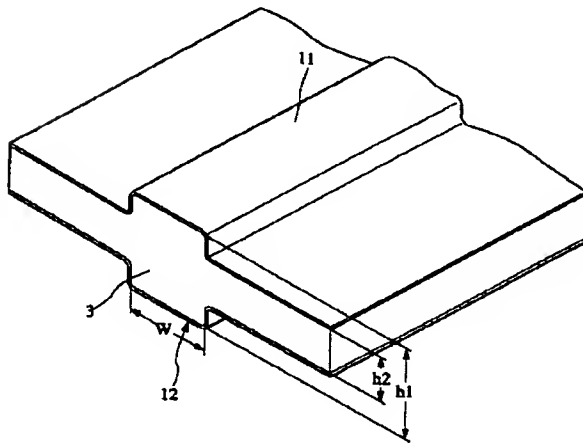
【図10】



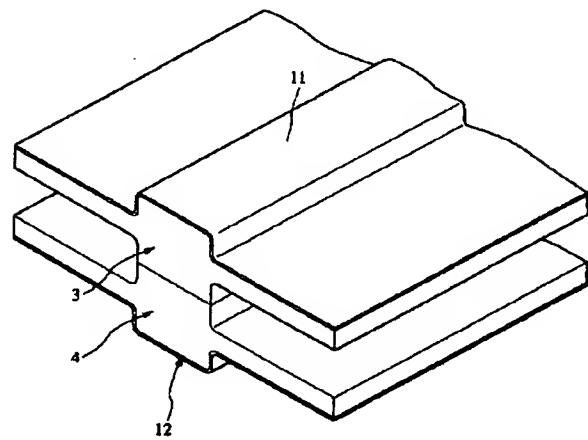
【図11】



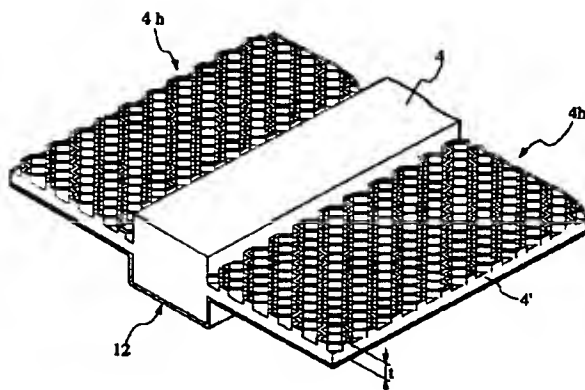
【図12】



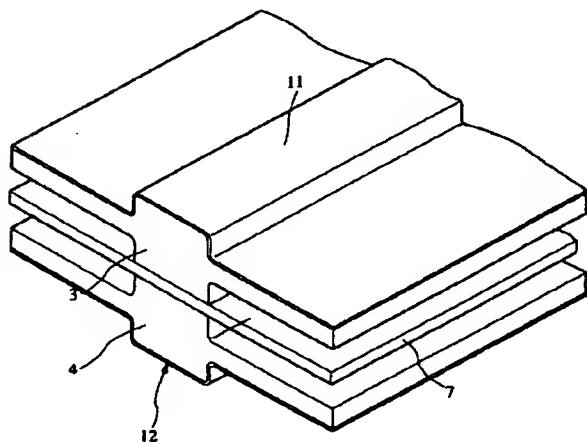
【図13】



【図15】

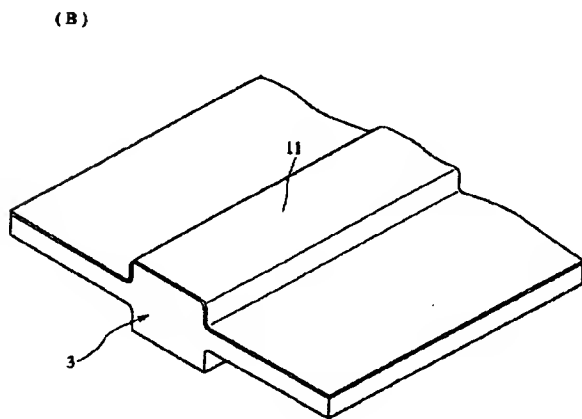
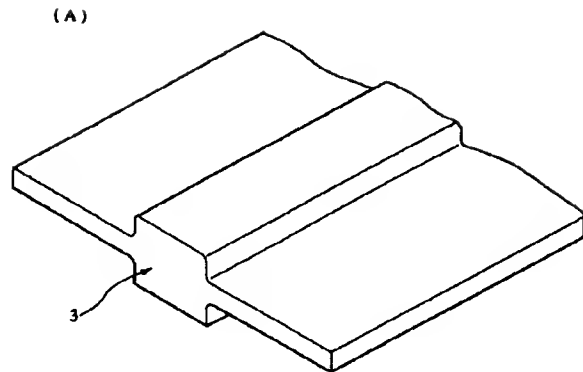


【図16】

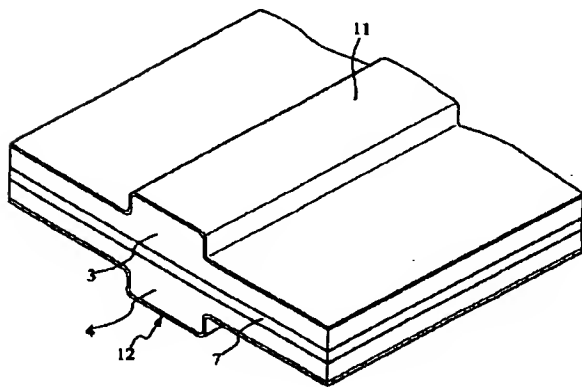




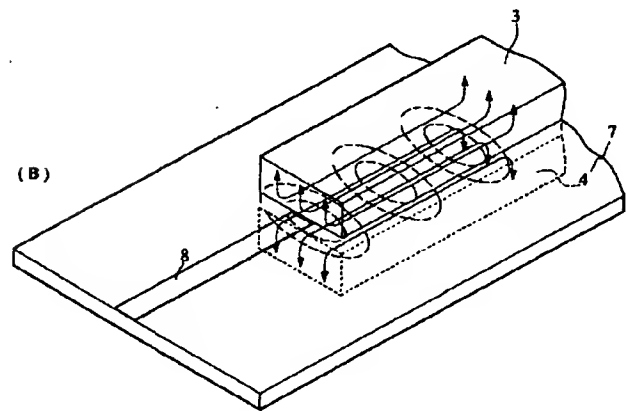
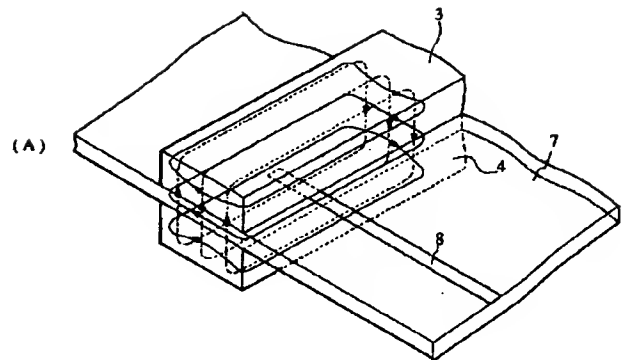
【図 14】



【図 18】



【図 17】



【図 19】

